



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106526277 A

(43)申请公布日 2017.03.22

(21)申请号 201610895087.2

(22)申请日 2016.10.13

(71)申请人 北京航天时代光电科技有限公司

地址 100094 北京市海淀区丰滢东路1号

(72)发明人 张志鑫 司磊 杨娅姣 张峰

王利清 王洪飞 黄宇军 武永鹏

(74)专利代理机构 中国航天科技专利中心

11009

代理人 范晓毅

(51) Int. Cl.

G01R 15/24(2006.01)

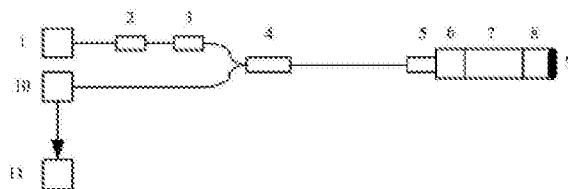
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

一种用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元

## (57)摘要

本发明公开了一种用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元,该单元包括:光源、光纤隔离器、光纤消偏器、光纤耦合器、光电探测器和第二单元;其中,所述光源、所述光纤隔离器、所述光纤消偏器、所述光纤耦合器和所述第二单元依次通过光纤相连接;所述光电探测器与所述光纤耦合器相连接;所述第二单元用于与导体相连接,并且,所述第二单元的光轴方向与所述导体的电流方向相垂直;所述第二单元包括光纤准直器、偏振器、磁光晶体、法拉第旋光器和反射镜。本发明在保证测量灵敏度的同时,解决了现有光学电流传感器的光路结构复杂、需求光学器件种类多、工艺实现难度大、工程安装难度大和产品成本较高的问题。



1. 一种用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元,其特征在于包括:光源(1)、光纤隔离器(2)、光纤消偏器(3)、光纤耦合器(4)、光电探测器(10)和第二单元;其中,

所述光源(1)、所述光纤隔离器(2)、所述光纤消偏器(3)、所述光纤耦合器(4)和所述第二单元依次通过光纤相连接;

所述光电探测器(10)与所述光纤耦合器(4)相连接;

所述第二单元用于与光学电流传感器中的导体相连接,并且,所述第二单元的光轴方向与所述导体的电流方向相垂直;

所述第二单元包括光纤准直器(5)、偏振器(6)、磁光晶体(7)、法拉第旋光器(8)和反射镜(9),其中,所述光纤准直器(5)、所述偏振器(6)、所述磁光晶体(7)、所述法拉第旋光器(8)和所述反射镜(9)依次相连接;

所述光源(1)发射出来的光经过所述光纤隔离器(2)和所述光纤消偏器(3)后转换为自然光,自然光通过所述光纤耦合器(4)入射进入所述光纤准直器(5),所述光纤准直器(5)将自然光转换为平行准直光,平行准直光经过所述偏振器(6)后转换为第一线偏振光,第一线偏振光经过所述磁光晶体(7)变换为第一线偏振光的偏振面偏转角度 $\theta_F$ 的第二线偏振光,第二线偏振光入射法拉第旋光器(8)后经后端的所述反射镜(9)反射再次经过所述法拉第旋光器(8)和所述磁光晶体(7)变换为第三线偏振光,第三线偏振光经所述偏振器(6)转换为与所述第一线偏振光的光强相关的第四线偏振光,第四线偏振光经所述光纤准直器(5)和所述光纤耦合器(4)进入所述光电探测器(10),所述光电探测器(10)将第四线偏振光的光强信号转换为电信号。

2. 根据权利要求1所述的用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元,其特征在于:所述第二线偏振光入射旋转角度为 $22.5^\circ$ 的法拉第旋光器(8)后经后端的所述反射镜(9)反射再次经过所述法拉第旋光器(8)和所述磁光晶体(7)变换为偏振面偏转角度 $2\theta_F \pm 45^\circ$ 的第三线偏振光。

3. 根据权利要求1所述的用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元,其特征在于:所述偏转角度 $\theta_F$ 由以下公式得出:

$$\theta_F = VBd$$

其中,V为Verdet系数,B为导体内电流产生的磁感应强度在光传播方向上的分量,d为磁光晶体(7)的长度。

4. 根据权利要求2所述的用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元,其特征在于:所述第一线偏振光的光强与所述第四线偏振光的光强的关系为:

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

其中, $I_0$ 为所述第一线偏振光的光强,I为所述第四线偏振光的光强, $\alpha = 2\theta_F \pm 45^\circ$ 。

5. 根据权利要求1所述的用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元,其特征在于,还包括:电信号解调单元(11);其中,

所述电信号解调单元(11)与所述光电探测器(10)相连接,用于将所述电信号解调得到导体的电流的幅值和相位信息。

6. 根据权利要求1所述的用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元,其特征在于,所述光纤耦合器(4)为 $2*2$ 型双入双出耦合器,分光比 $50:50$ 。

## 一种用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元

### 技术领域

[0001] 本发明涉及光学电流传感技术领域,尤其涉及一种用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元。

### 背景技术

[0002] 电流传感器是电力系统、智能电网中电能计量和保护控制的重要设备,其测量精度和运行可靠性与电力系统的安全、经济运行密切相关。

[0003] 传统电磁式电流互感器在工程运行中暴露出一系列严重缺点如:线性度低、在短路时容易饱和、静态和动态准确范围小、可能出现铁磁谐振、绝缘结构复杂、体积笨重、易燃易爆等,即其安全性、暂态性能等难以完全满足电力系统输变电容量不断增加、电网电压不断提高的发展需求。

[0004] 在电力系统、智能电网建设需求牵引之下,基于Rogowski线圈原理的电子式电流互感器和基于Faraday磁光效应原理的光学电流传感器在近些年取得了较大的技术突破,并在新建智能化变电站中大量运行。Rogowski线圈原理的电子式电流互感器消除了磁饱和现象,提高了电磁式电流互感器的动态响应范围。然而Rogowski线圈在原理上不能测量电力系统动态量非周期分量,并难以满足互感器精度标准要求,高压传感头要求有源式;精度也受环境温度和电磁干扰的影响。

[0005] 光学电流传感器以其线性化动态响应能力强,可测量直流、交流及其谐波,光学传感部分绝缘性能优良等特点在工程应用中优势越来越明显。基于Faraday磁光效应原理的光学电流传感器根据其光学传感单元的不同,可分为全光纤型和磁光玻璃型,其中全光纤因其需求光学器件种类多、工艺实现难度大、产品成本较高等,多用于高压、特高压应用领域。目前磁光材料型光学电流传感器多用于低压应用领域,主要传感头设计有螺线管聚磁光学传感头、御磁光学传感头、冗余结构传感头等方案,其设计均基于马吕斯定律及法拉第磁光效应原理,采用直通方式光路,配合双光路或单光路检测,实现光学传感。由于磁光材料型光路结构复杂、工程安装难度大,尚未在实际工程应用广泛采用。

### 发明内容

[0006] 本发明解决的技术问题是:相比于现有技术,提供了一种用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元,在保证光路传感单元的测量灵敏度的同时,解决了现有光学电流传感器的光路结构复杂、需求光学器件种类多、工艺实现难度大、工程安装难度大和产品成本较高的问题。

[0007] 本发明目的通过以下技术方案予以实现:一种用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元,包括:光源、光纤隔离器、光纤消偏器、光纤耦合器、光电探测器和第二单元;其中,所述光源、所述光纤隔离器、所述光纤消偏器、所述光纤耦合器和所述第二单元依次通过光纤相连接;所述光电探测器与所述光纤耦合器相连接;所述第二单元用于与光学电流传感器中的导体相连接,并且,所述第二单元的光轴方向与所述导体的电流方向相垂直;所

述第二单元包括光纤准直器、偏振器、磁光晶体、法拉第旋光器和反射镜,其中,所述光纤准直器、所述偏振器、所述磁光晶体、所述法拉第旋光器和所述反射镜依次相连接;所述光源发射出来的光经过所述光纤隔离器和所述光纤消偏器后转换为自然光,自然光通过所述光纤耦合器入射进入所述光纤准直器,所述光纤准直器将自然光转换为平行准直光,平行准直光经过所述偏振器后转换为第一线偏振光,第一线偏振光经过所述磁光晶体变换为第一线偏振光的偏振面偏转角度 $\theta_F$ 的第二线偏振光,第二线偏振光入射法拉第旋光器后经后端的所述反射镜反射再次经过所述法拉第旋光器和所述磁光晶体变换为第三线偏振光,第三线偏振光经所述偏振器转换为与所述第一线偏振光的光强相关的第四线偏振光,第四线偏振光经所述光纤准直器和所述光纤耦合器进入所述光电探测器,所述光电探测器将第四线偏振光的光强信号转换为电信号。

[0008] 上述用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元中,所述第二线偏振光入射旋转角度为 $22.5^\circ$ 的法拉第旋光器后经后端的所述反射镜反射再次经过所述法拉第旋光器和所述磁光晶体变换为偏振面偏转角度 $2\theta_F \pm 45^\circ$ 的第三线偏振光。

[0009] 上述用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元中,所述偏转角度 $\theta_F$ 由以下公式得出:

$$[0010] \quad \theta_F = VBd$$

[0011] 其中,V为Verdet系数,B为导体内电流产生的磁感应强度在光传播方向上的分量,d为磁光晶体的长度。

[0012] 上述用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元中,所述第一线偏振光的光强与所述第四线偏振光的光强的关系为:

$$[0013] \quad I = I_0 \cos^2 \alpha$$

[0014] 其中, $I_0$ 为所述第一线偏振光的光强,I为所述第四线偏振光的光强, $\alpha = 2\theta_F \pm 45^\circ$ 。

[0015] 上述用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元中,还包括:电信号解调单元;其中,所述电信号解调单元与所述光电探测器相连接,用于将所述电信号解调得到导体的电流的幅值和相位信息。

[0016] 上述用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元中,所述光纤耦合器为2\*2型双入双出耦合器,分光比50:50。

[0017] 本发明与现有技术相比具有如下有益效果:

[0018] (1) 本发明加入光纤耦合器,与第二单元相结合,在实现单光路检测的同时,减少了第二单元对外传导光纤的数量,提高了第二单元在导体上安装的可靠性、减小了体积,在保证光路传感单元的测量灵敏度的同时,解决了现有光学电流传感器的光路结构复杂、需求光学器件种类多、工艺实现难度大、工程安装难度大和产品成本较高的问题;

[0019] (2) 本发明采用偏振器与反射镜相结合的方式实现光信号起偏与检偏功能的有效集成,降低了常规磁光晶体型光学传感头的复杂度、提高了产品设计的工艺性、降低了产品成本;

[0020] (3) 本发明加入法拉第旋光器,结合光路直通并反射的路径特点,将其入射旋转角度设计为 $22.5^\circ$ ,在传感光路中形成 $45^\circ$ 调制角,实现光强的最大调制深度,保证了光路检测的灵敏度。

## 附图说明

[0021] 图1示出了本发明实施例提供的用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元的结构示意图。

## 具体实施方式

[0022] 下面结合附图对本发明作进一步详细说明：

[0023] 图1示出了本发明实施例提供的用于低压光学电流传感器的新型光路传感单元的结构示意图。如图1所示，该新型光路传感单元包括光源1、光纤隔离器2、光纤消偏器3、光纤耦合器4、光电探测器10和第二单元。

[0024] 具体实施时，光源1可选择为SLD（超辐射发光二极管），光纤消偏器3可以为Lyot型光纤消偏器，光纤耦合器4可以为2\*2型双入双出耦合器，分光比50:50。需要理解的是，本实施例的光源的选择为工作波长位于光学器件的低损耗窗口，具有较高的光谱宽度以减小寄生干涉，具有较稳定的尾纤输出光功率以获得较高信噪比的干涉信号。光源的类型有多种，本实施例可以选择多种类型，本实施例对光源的类型不加以限定。光纤耦合器4还可以为2\*1型耦合器。

[0025] 光源1、光纤隔离器2、光纤消偏器3、光纤耦合器4和第二单元依次通过光纤相连接。

[0026] 光电探测器10与光纤耦合器4相连接。具体实施时，光电探测器10通过光纤与光纤耦合器4相连接。

[0027] 第二单元用于与导体相连接，并且，第二单元的光轴方向与导体的电流方向相垂直。具体的，第二单元安装于导体上，使得第二单元的光轴方向与导体的电流方向相垂直，从而可以得到导体的电流的幅值和相位信息。需要理解的是，第二单元安装在导体的方式有多种，本实施例不加以限定。

[0028] 第二单元包括光纤准直器5、偏振器6、磁光晶体7、法拉第旋光器8和反射镜9。具体实施时，反射镜9可以采用镀膜的方式实现，以保证光纤准直器5、偏振器6、磁光晶体7和法拉第旋光器8的光轴在同一直线上，提高了光路的光信号传输效率和传输稳定性。磁光晶体7可以选择为TGG磁光晶体。

[0029] 光纤准直器5、偏振器6、磁光晶体7、法拉第旋光器8和反射镜9依次相连接。具体实施时，光纤准直器5、偏振器6、磁光晶体7、法拉第旋光器8和反射镜9通过粘结相连接。

[0030] 光源1发射出来的光经过光纤隔离器2和光纤消偏器3后转换为均匀的自然光，自然光通过光纤耦合器4入射进入光纤准直器5，光纤准直器5将自然光转换为平行准直光，平行准直光经过偏振器6后转换为第一线偏振光，由于磁光晶体7受到导体通电电流产生磁场的调制后具有Faraday磁致旋光效应，使得第一线偏振光经过磁光晶体7变换为第一线偏振光的偏振面偏转角度 $\theta_F$ 的第二线偏振光，由于偏转角度 $\theta_F$ 与导体的电流产生的磁场有关，所以第二线偏振光携带了导体内电流的信息，第二线偏振光入射旋转角度为 $22.5^\circ$ 的法拉第旋光器8后经后端的反射镜9反射再次经过法拉第旋光器8和磁光晶体7变换为偏振面偏转角度 $2\theta_F \pm 45^\circ$ 的第三线偏振光，第三线偏振光经偏振器6转换为与第一线偏振光的光强相关的第四线偏振光，第四线偏振光经光纤准直器5和光纤耦合器4进入光电探测器10，光电

探测器10将第四线偏振光的光强信号转换为电信号。需要理解的是,由于磁光晶体7和法拉第旋光器8具有非互异性,会引起旋转角度加倍,从而使得第二线偏振光入射旋转角度为 $22.5^\circ$ 的法拉第旋光器8后经后端的反射镜9反射再次经过法拉第旋光器8和磁光晶体7变换为偏振面偏转角度 $2\theta_F \pm 45^\circ$ 的第三线偏振光。

[0031] 根据磁光调制原理,光强调制深度 $\eta$ 定义为

$$[0032] \quad \eta = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

[0033] 当法拉第旋光器的入射旋转角度设计为 $22.5^\circ$ 时,使得第二线偏振光再次经过法拉第旋光器时形成调制角度为 $45^\circ$ ,调制幅度最大,在原理设计上保证了测量灵敏度。

[0034] 本实施例通过将光源、光纤隔离器、光纤消偏器、光纤耦合器和第二单元依次通过光纤相连接,在保证光路传感单元的测量灵敏度的同时,解决了现有光学电流传感器光学传感头光路结构复杂、需求光学器件种类多、工艺实现难度大、工程安装难度大和产品成本较高的问题;并且本实施例采用偏振器与反射镜相结合的方式实现光信号起偏与检偏功能的有效集成,降低了常规磁光晶体型光学传感头的复杂度、提高了产品设计的工艺性、降低了产品成本;并且本实施例加入法拉第旋光器,结合光路直通并反射的路径特点,将其入射旋转角度设计为 $22.5^\circ$ ,在传感光路中形成 $45^\circ$ 调制角,实现光强的最大调制深度,保证了光路检测的灵敏度。

[0035] 上述实施例中,偏转角度 $\theta_F$ 由以下公式得出:

$$[0036] \quad \theta_F = VBd$$

[0037] 其中,V为Verdet系数,B为导体内电流产生的磁感应强度在光传播方向上的分量,d为磁光晶体7的长度。

[0038] 由于B为导体内电流产生的磁感应强度在光传播方向上的分量,从而可知偏转角度 $\theta_F$ 与导体的电流信息有关系,从而可知第二线偏振光携带了导体内电流的信息,进而可知第三线偏振光和第四线偏振光也携带了导体内电流的信息。

[0039] 上述实施例中,第一线偏振光的光强与所述第四线偏振光的光强的关系为:

$$[0040] \quad I = I_0 \cos^2 \alpha$$

[0041] 其中, $I_0$ 为所述第一线偏振光的光强,I为所述第四线偏振光的光强, $\alpha = 2\theta_F \pm 45^\circ$ 。

[0042] 需要理解的是,本实施例中平行准直光第一次经过经偏振器6时其起偏作用,在第三线偏振光经第二次经过时经偏振器6起检偏作用,故携带导体内电流信息的偏振面角度变化转换为光强变化信息。

[0043] 上述实施例中,该新型光路传感单元还包括电信号解调单元11;其中,

[0044] 电信号解调单元11与光电探测器10相连接,电信号解调单元11用于将光电探测器10转换为的电信号解调得到导体的电流的幅值和相位信息,进而可以达到对外通信。

[0045] 本发明通过将光源、光纤隔离器、光纤消偏器、光纤耦合器和第二单元依次通过光纤相连接,在保证光路传感单元的测量灵敏度的同时,解决了全光纤型光学电流传感器的光路结构复杂、需求光学器件种类多、工艺实现难度大、工程安装难度大和产品成本较高的问题;并且本发明采用偏振器与反射镜相结合的方式实现光信号起偏与检偏功能的有效集成,降低了常规磁光晶体型光学传感头的复杂度、提高了产品设计的工艺性、降低了产品成本;并且本发明加入法拉第旋光器,结合光路直通并反射的路径特点,将其入射旋转角度设

计为 $22.5^{\circ}$ ,在传感光路中形成 $45^{\circ}$ 调制角,实现光强的最大调制深度,保证了光路检测的灵敏度。

[0046] 以上所述的实施例只是本发明较优选的具体实施方式,本领域的技术人员在本发明技术方案范围内进行的通常变化和替换都应包含在本发明的保护范围内。

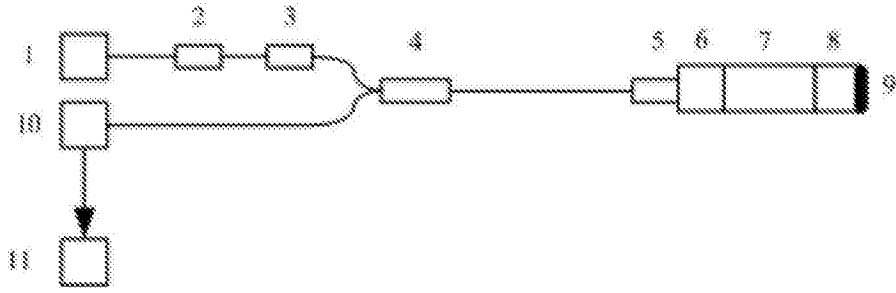


图1